

## **Importance d'une bonne gestion de la fertilité des sols pour une cacaoculture durable**

D. SNOECK

### **Introduction**

Comme toute culture, les cacaoyers ont besoin de se nourrir. Pour bien comprendre l'importance de la nutrition minérale dans le système sol-plante, il faut d'abord comprendre l'importance de la gestion des flux (entrées et sorties) et des stocks de nutriments pour le développement de systèmes de cultures durables. En effet, le potentiel de fertilité d'un sol dépend de la façon dont sont gérés les flux des nutriments du point de vue des :

- entrées : environnement, cultures associées, sol, et engrais ;
- sorties : lessivage, évaporation, et produits issus des récoltes.

Dans les systèmes agroforestiers traditionnels, un équilibre s'établit entre les entrées et les sorties au cours du temps. Entre autres sorties, ces systèmes génèrent une production stable de cacao. Mais la fertilisation est la principale source de nutriments qui permet d'obtenir de garantir la production. Et donc, sans apport d'engrais, les entrées sont faibles et les niveaux de production sont faibles aussi, même si le potentiel de production des cacaoyers est bon.

En l'absence de fertilisation, les niveaux d'équilibres de production des cacaoyers dépendent de l'environnement qui influence le potentiel de fertilité des sols. Par exemple, dans la région du centre Cameroun, où les planteurs de cacao n'utilisent pas d'engrais, la production s'équilibre à 346 kg/ha/an dans la zone de savane et à 160 kg /ha/an dans la zone de forêt dense (Jagoret *et al.*, 2008).

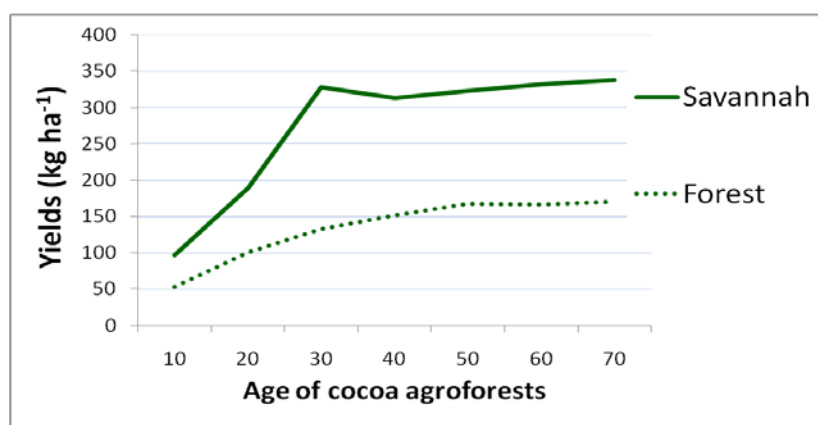


Figure : Rendements moyens des cacaoyères dans deux régions du Centre Cameroun  
Source : Jagoret *et al.*, 2008

L'analyse de l'évolution des sols dans les mêmes parcelles de cacaoyers montre que les équilibres chimiques et biologiques de ces sols restent stables aussi (Snoeck *et al.*, 2009).

Dans la région Ouest de la Côte d'Ivoire, la production moyenne des cacaoyers sans engrais est de 260 kg /ha/an (Deheuvels *et al.*, 2009).

Les pratiques culturales peuvent modifier le potentiel de fertilité des sols et donc les rendements en cacao. C'est plus particulièrement le cas du désherbage, de la gestion des arbres d'ombrage, et de la fertilisation minérale ou organique. Les cultures associées ou arbres d'ombrage peuvent modifier les potentiels de fertilité des sols, soit en apportant des nutriments de l'extérieur, ou par compétition des éléments dans l'association culturale. Par exemple :

- les légumineuses peuvent fixer l'azote atmosphérique pour le rendre disponible pour les cacaoyers. Plus précisément, une augmentation de 16% du niveau d'azote de la litière a été observée dans l'association cacaoyers sous érythrines par rapport à des cacaoyers associés à *Cordia* sp., une espèce d'ombrage non légumineuse (Alpizar *et al.*, 1986). Cependant, le bénéfice pour les cacaoyers n'est pas systématique (Nygren *et al.*, 2009).
- la disponibilité de certains nutriments pour les cacaoyers peut être réduite du fait d'une compétition vis-à-vis de ceux-ci. Par exemple, compétition vis-à-vis du phosphore assimilable entre le cacaoyer sous ombrage d'iroko (*Milicia* sp.) observée au Ghana (Isaac *et al.*, 2007).

### Place de la nutrition minérale dans le système

Un essai comparatif de cacaoyers avec ou sans ombrage en station de recherche au Ghana a montré que des cacaoyers cultivés en plein soleil pouvaient produire deux fois plus de cacao que des cacaoyers sous ombrage (Ahenkorah Y. *et al.*, 1974). Cependant, l'essai a aussi démontré les limites de la culture en plein soleil. En effet, l'augmentation de production observée dans les parcelles cultivées en plein soleil n'est que provisoire ; et, au bout de 23 ans, les niveaux de production des cacaoyers diminuent et les deux traitements produisent les mêmes rendements. Dans cet essai, l'apport d'engrais a permis d'augmenter la productivité des cacaoyers avec ombrage, comme en plein soleil. Dans les deux cas, une gestion adéquate et constante de la fertilité des sols par l'apport d'engrais permet de maintenir une forte productivité au-delà de la limite des 25 ans, observée en l'absence de fertilisation.

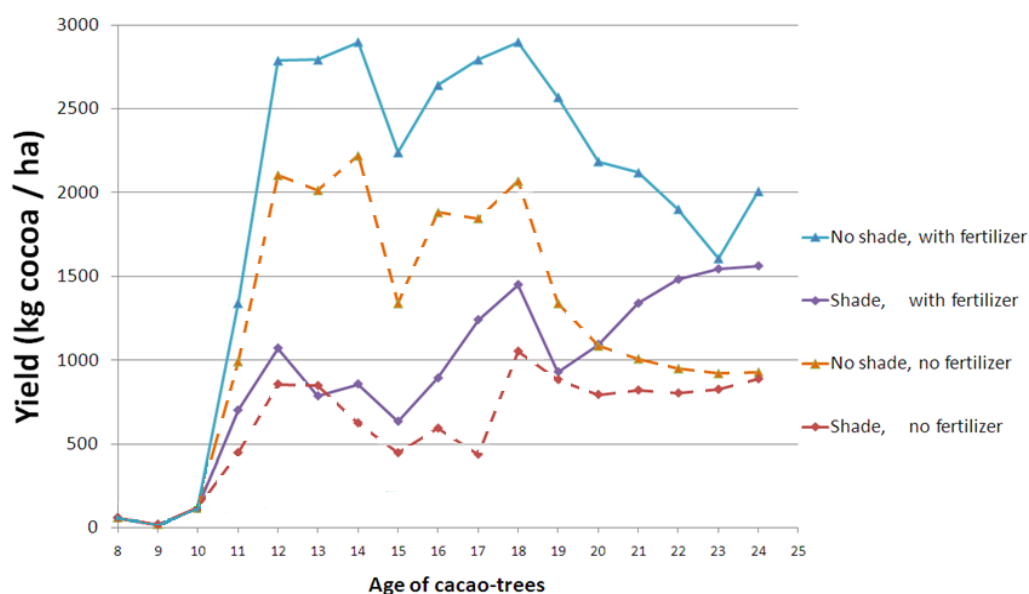


Figure :Impact de la fertilisation sur les rendements des cacaoyers avec ou sans ombrage  
Source: Ahenkorah Y. *et al.*, 1974

L'analyse de sol dans les différents traitements a permis de confirmer le lien entre le maintien de la productivité des cacaoyers et la fertilité des sols. Le graphique montre ce lien pour le phosphore ; une forte chute du phosphore assimilable a été observée dans les traitements sans engrais, alors que l'apport d'engrais a permis de maintenir les niveaux de P dans le sol à des niveaux suffisants par rapport aux besoins des cacaoyers.

En Côte d'Ivoire, les mêmes différences et évolutions des productivités des cacaoyers ont été constatées et le même format de courbe a été observé dans les parcelles cultivées en plein soleil ou sous ombrage léger et met bien en évidence le caractère temporaire de l'absence d'ombrage, qui doit être compensé par ailleurs pour être complètement efficace. Sinon, pour éviter l'apport d'engrais, les agriculteurs abandonnent la parcelle au bout de 25 ans pour aller cultiver d'autres terres encore fertiles (Deheuvels *et al.*, 2009).

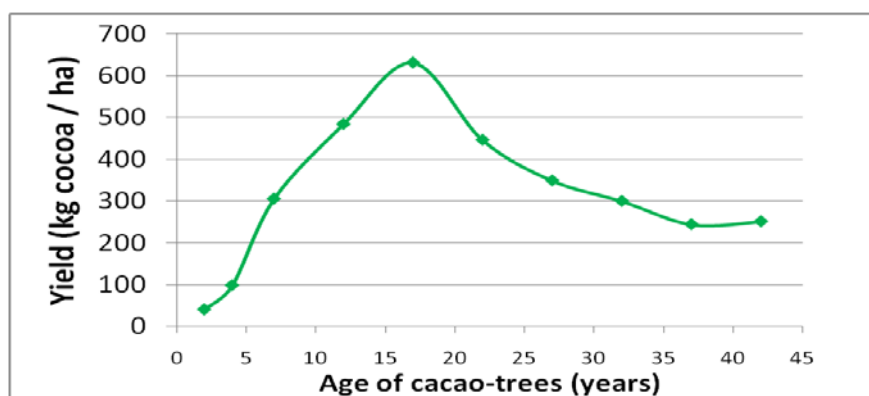


Figure : Rendements dans les cacaoyères paysannes sans ombrage en Côte d'Ivoire

Source: Deheuvels *et al.*, 2009

La fertilisation minérale permet d'augmenter la productivité des cacaoyers en leur apportant les nutriments nécessaires. Elle permet aussi de renforcer l'effet des pratiques culturales et de leur donner un caractère plus durable. Cependant, la culture des cacaoyers en plein soleil est un système très exigeant qui nécessite une protection phytosanitaire intensive (toutes les deux premières années) et des apports d'engrais soutenus pour que le système reste rentable.

Outre l'effet positif sur la productivité des cacaoyers, les éléments nutritifs permettent aussi d'améliorer la résistance aux maladies et la qualité et la vigueur des fruits. En particulier :

- les cacaoyers carencés en Ca et Mg sont moins résistants à la pourriture des cabosses (Tarjot, 1971) ;
- la fertilisation améliore la taille et la qualité des fèves dans les fruits (Jadin, 1985).

### Solutions pour améliorer la fertilité des sols sous cacaoyers

La plupart des résultats des essais en station ont montré l'importance du phosphore et du potassium pour améliorer les rendements des cacaoyers. Le Ca et le Mg en petites quantités ont aussi été jugés importants. Suite à ces résultats encourageants, des formules d'engrais ont été proposées aux structures d'encadrement des planteurs de cacao. Les recommandations actuelles sont basées sur une formule unique quelque soit le type de sol et ses caractéristiques chimiques. Par exemple :

- au Ghana, l'engrais le plus recommandé (Asaase wura) contient 0% N – 16% P – 20% K plus un peu de Ca et Mg
- en Côte d'Ivoire, l'engrais le plus recommandé (Engrais cacao) contient 0% N – 23% P – 19% K, aussi avec un peu de Ca et Mg.

Pour encourager les planteurs à utiliser ces engrais, des essais ont été mis en place chez quelques-uns d'entre eux et des enquêtes ont été réalisées pour évaluer l'impact de l'application de ces engrais sur un plus grand nombre de planteurs de cacao.

#### Cocoa: on-farm response to fertilizer, Ashanti region

Treatment	Average yield (kg dry beans /ha)			
	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95
Fertilized	807	1 033	1 124	1 457
Unfertilized	499	517	520	705

Source: Appiah *et al.*, 2000.

Benefit from fertilization: 62% 100 % 116% 107%

Source: On-farm trial. Appiah *et al.*, 2000

Au Ghana, un essai mené chez les planteurs de cacao a montré que l'application d'engrais est rapidement rentable et peut être suffisamment spectaculaire pour les encourager à investir dans l'achat de fertilisants. En effet, chez un grand nombre de planteurs, l'effet a été visible dès la première récolte après l'application d'engrais. En moyenne, l'utilisation d'engrais a permis de doubler les productions au cours des trois années suivantes (Appiah *et al.*, 2000).

Cependant, au-delà du résultat moyen, il apparaît de grandes disparités entre les productions individuelles. Le graphique des productions individuelles avec et sans engrais révèle que dans certaines parcelles, l'augmentation de rendement due à l'apport d'engrais a été très supérieure à la moyenne, alors que dans d'autres parcelles, l'augmentation de rendement a été faible, voire nulle.

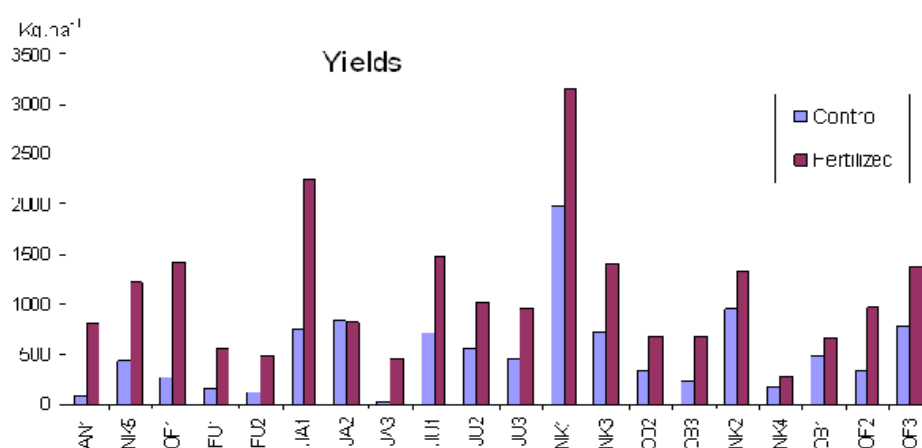


Figure : Rendements des cacaoyers chez les planteurs de l'essai d'engrais en milieu rural

Source : On-farm trial. Appiah *et al.*, 2000

Le graphique issu de l'enquête réalisée dans le cadre du Ghana Cocoa Farm Survey fait ressortir, comme dans l'essai chez les planteurs, une tendance positive de l'apport d'engrais, mais avec de fortes disparités des réponses à l'engrais utilisé (Teal & Vigneri, 2004). Certaines parcelles de cacao vont bénéficier des apports d'engrais, tandis que d'autres parcelles vont voir leur production de cacao diminuer, voire même tomber à zéro. Plus précisément, si l'on regarde l'effet d'un apport de deux sacs par rapport à une parcelle qui ne reçoit pas d'engrais et produit 260 kg/ha/an, l'apport peut être soit positif, mais avec de

nombreuses variations, soit négatif ou nul. Cela montre que l'engrais peut être toxique, s'il est mal dosé.

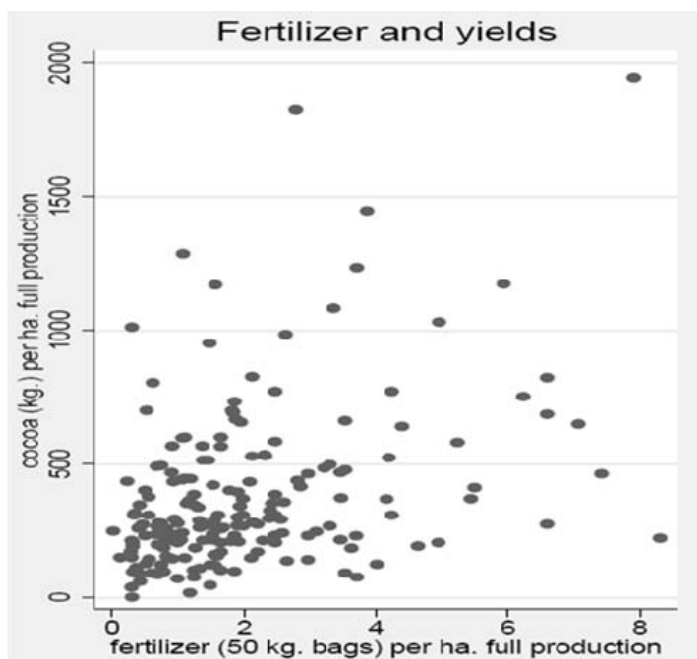


Figure : Effet de diverses dose d'engrais sur les rendements des cacaoyers  
Source: Teal & Vigneri, 2004

La grande disparité des réponses aux engrais observées confirme l'importance d'adapter le type d'engrais (formule et dose) aux conditions de cultures, car la fertilité des sols est le résultat de l'évolution de plusieurs facteurs liés à l'environnement, à l'influence des cultures associées, aux pratiques culturales, et à la qualité des sols.

### **Diagnostic de nutrition minérale pour améliorer la fertilité des sols**

Pour établir un diagnostic de nutrition minérale à partir de l'analyse de sol, il est nécessaire de rappeler quelques principes de fertilisation minérale adaptée à la culture des cacaoyers.

Comme toutes les plantes, le cacaoyer a des besoins nutritifs qui lui sont propres. Ces besoins ont été définis sur base de travaux de recherche en milieu contrôlés et en milieu réel (Jadin, 1985).

Les doses d'engrais doivent prendre en compte la disponibilité des nutriments par rapport à la qualité du sol. En particulier, l'acidité du sol aura un effet sur l'efficacité de l'engrais, car la disponibilité de la plupart des nutriments diminue en-dessous de  $\text{pH} = 6$ . Et c'est particulièrement vrai pour le phosphore.

De plus, les nutriments dépendent les uns des autres et quand un nutriment est apporté en forte quantité alors que les autres restent bas, ceux-ci peuvent empêcher l'effet de cet élément. Le calcul des rapports entre les nutriments permet d'éviter ce phénomène de facteur limitant.

Par exemple, le rapport N/P permet de déterminer si les cacaoyers vont répondre à une fertilisation à base de P ou si l'azote sera plutôt nécessaire. Le graphique montre l'effet d'un apport d'engrais P par rapport à l'équilibre optimal de  $\text{N/P}_2\text{O}_5$  dans diverses parcelles de cacaoyers ayant des sols différents en N et P. Si le sol est en dessous de l'optimum nécessaire

au cacaoyer, un apport de phosphate permettra une hausse de production. Par contre, si le sol de départ est déjà pourvu en P, l'engrais aura sans doute un effet dépressif et dans ce cas, il aurait fallu réaliser un apport d'azote.

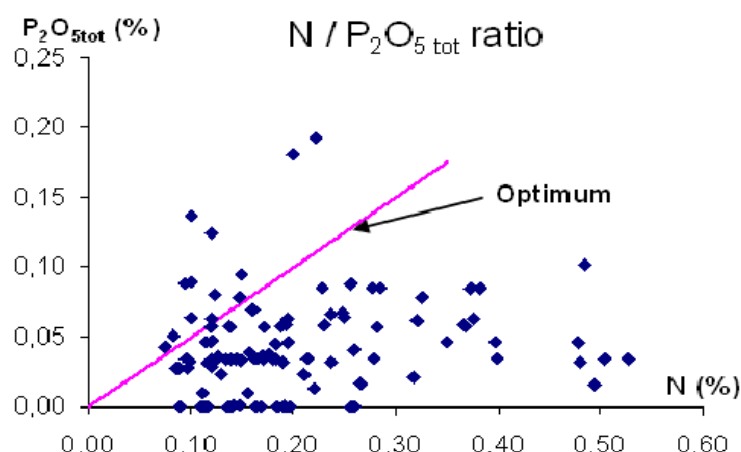


Figure : Rapport N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> de quelques plantations de cacaoyers au Ghana et comparaison avec l'optimum.

Source : Snoeck *et al*, 2006

Les besoins en engrais dépendent aussi de l'âge des cacaoyers car les besoins augmentent de façon diverses pour chaque nutriment. Les quantités d'engrais sont calculées pour corriger un certain volume de sol. On recommande de calculer le volume de sol correspondant à la zone prospectée par les racines nourricières, soit un rayon de 2 m sur une profondeur de 30 cm (Harteminck, 2005).

Pour aider les experts dans le choix des fertilisants, nous avons mis au point un programme informatique, appelé « Diagnostic sol cacao ». La méthode est basée sur l'analyse chimique des nutriments majeurs du sol (N, P, K, Ca, et Mg).

Country	Ghana			
Title	Crig NK3 Amazon			
Clay + fine silt (%)	4	C/N = 12,3 N P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Expected values after fertilization	
Carbon (%)	1,67			
Nitrogen (%)	0,136			
P total (ppm)				
P available (ppm)	0,85		-	
K (meq%)	0,295	10,0%	1,126	8,0%
Ca (meq%)	1,485	50,3%	9,574	68,0%
Mg (meq%)	1,170	39,7%	3,379	24,0%
Al <sup>3+</sup> (meq%)				
C.E.C. (meq%)	35,200			
pH (H <sub>2</sub> O)	4,70			
Sum of Exch. Bases	2,95		14,08	
Base Saturation	8,38		40,00	
Σ (exch. Bases) / N	6,72		14,93	

#### Comments

Test (exch. B.) / N

=> increase bases

After modif. => increase nitrogen

N / P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (optimum = 1,5)

Figure : exemple de sortie obtenue avec le diagnostic sol

Source : Snoeck *et al*, 2006



L'utilisateur introduit les données issues de l'analyse chimique du sol à corriger. Le diagnostic sol compare ces données aux valeurs optimales attendues et établit des recommandations chiffrées et commentées. À tout moment, l'utilisateur peut modifier les valeurs optimales et les quantités de manière à ce que les niveaux des éléments nutritifs soient le plus proches possible des niveaux optimums en fonction des réalités de la parcelle à corriger.

Après avoir fait les calculs nécessaires à la correction du sol, le diagnostic sol calcule les besoins en engrais nécessaires pour corriger les nutriments exportés annuellement par les récoltes.

Il doit être complété par un diagnostic foliaire lorsqu'il est nécessaire de définir les besoins en éléments minéraux mineurs (Zn, B, Mn) et pour le soufre.

Après avoir été mis au point en stations de recherche, il a été adapté à différents écosystèmes pour être utilisé en plantations industrielles et villageoises (expertise).

Au cours de la période du projet cacao durable, le diagnostic sol a été présenté aux différents partenaires du projet : Cameroun: IRAD (en partenariat avec les universités de Yaoundé 1 et Dschang), Nigeria: CRIN & FUTA, Togo: ITRA, Ghana: CRIG & UG, Côte d'Ivoire: CNRA. Il a ensuite été utilisé dans les écosystèmes agroforestiers du réseau de cacaoyères de ces pays.

Au Centre Cameroun, les premiers résultats ont confirmé la durabilité des systèmes agroforestiers à base de cacaoyers sur le plan de l'écologie des sols (Snoeck *et al.*, 2009).

Au Ghana, le diagnostic sol a été combiné à un système d'information géographique (SIG) afin d'initier une démarche d'agriculture de précision et de durabilité en optimisant les applications d'engrais par rapport aux exportations de nutriments (Snoeck *et al.*, 2010).

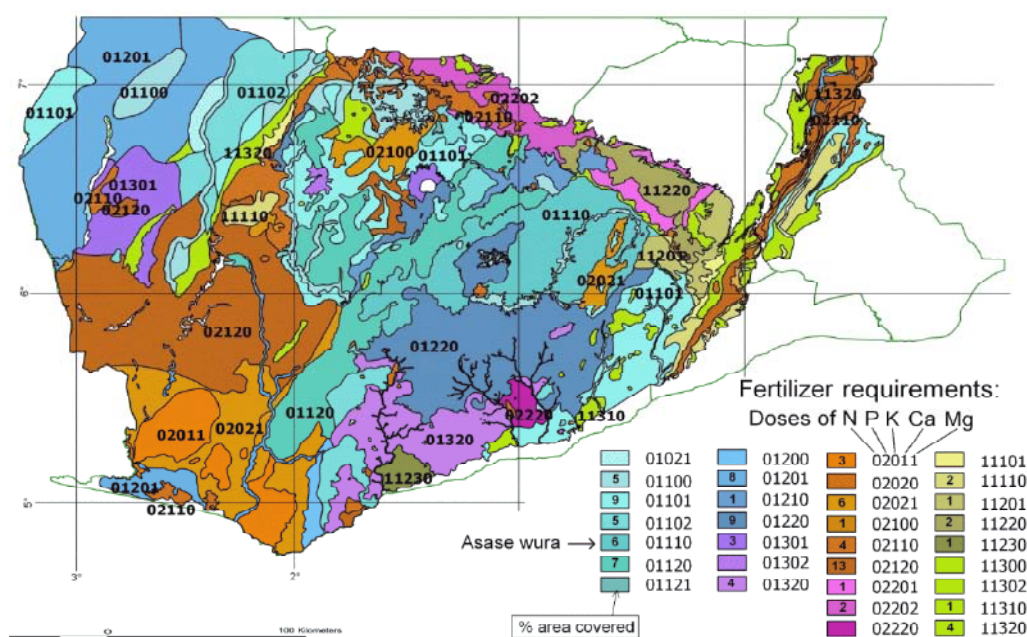


Figure : Besoins en engrais en fonction des différents sols et climats du Ghana  
Source : Snoeck *et al.*, accepté pour publication WAJAE, 2010

Cette étude révèle que, sur base de l'analyse des sols associés aux unités des sols définies à partir des cartes pédologiques et climatiques du Ghana, il faudrait pouvoir proposer au moins une trentaine de formules d'engrais différentes pour adapter la demande en engrais à la plus grande majorité des besoins des planteurs de cacaoyer.

Le diagnostic sol permet également de faire des recommandations précises au niveau de l'exploitation agricole et même au niveau de la parcelle de cacaoyer.

## **Conclusion**

Nous avons démontré que :

1. l'utilisation d'engrais permet d'augmenter les productions de cacao et de maintenir ces avantages sur de très longues périodes.
2. Les niveaux de fertilité des sols dépendent de différents facteurs liés à l'environnement, et aux pratiques culturales (climat, sol, cultures associées, ombrage, etc.). ces facteurs évoluent dans le temps et donc, les besoins nutritionnels des cacaoyers évoluent aussi.
3. Si les nutriments exportés de la plantation par les produits de récoltes ne sont pas remplacés, alors les sols s'appauvrissent au cours du temps et les niveaux de productions diminuent. Les niveaux de productions observés dans des plantations âgées et sans engrais sont faibles (200 à 300 kg par hectare et par an) et bien en-dessous du potentiel des cacaoyers.

Du fait que les potentiels de fertilité des sols évoluent dans le temps, les recommandations de nutrition minérale des cacaoyers doivent évoluer également. Les besoins nutritionnels des cacaoyers sont calculés pour :

1. Corriger le sol de son état actuel vers les valeurs optimales du cacaoyer,
2. Remplacer les nutriments exportés par les produits de récolte pour maintenir le niveau optimal de fertilité des sols.

D'une manière générale, la fertilité des sols sous cacaoyers décline car les nutriments ne sont pas remplacés et donc les cacaoyers puisent leurs ressources dans les réserves des sols de la forêt d'origine. Or cette forêt disparaît et il est urgent de pouvoir restaurer la fertilité des sols. des efforts importants doivent donc être réalisés pour réduire les pertes par lessivage (pratique culturale adaptée au besoin des cultures), favoriser le maintien de la matière organique, améliorer les applications d'engrais en utilisant des doses qui permettront aux cacaoyers de produire, mais sans excès ni déséquilibre entre les nutriments pour éviter les gaspillages.